

【補助事業概要の広報資料】

補助事業番号 27-163
補助事業名 平成27年度 高強度かつ高生体活性な酸化チタン系生体材料を目指した焼結技術の開発 補助事業
補助事業者名 宇部工業高等専門学校 物質工学科 准教授 茂野交市

1 研究の概要

本研究では、従来の水酸アパタイト等のリン酸カルシウム系材料と比較して機械的特性が良好な新規生体活性材料としてアナターゼ型酸化チタン系材料に着目した。溶液法の一部である錯体重合法及び放電プラズマ焼結法を用いることにより、上記アナターゼ型酸化チタンの結晶構造を保ちつつ、緻密な焼結体を作成することに成功し、実用化への基盤技術を確立することができた。

2 研究の目的と背景

医療分野において人工骨をはじめとする生体活性材料には、主として①機械的特性が良好であること、かつ②生体親和性が高いことが必要とされる。生体親和性とは早期に骨と直接結合する性質を示す。従来の代表的な生体活性材料として水酸アパタイト等のリン酸カルシウム系材料がある。しかしながら上記材料の生体親和性は良好なものの強度が低く、人工骨として埋め込む際の課題となっている。そこで、本研究では上記2つの条件を満たすポテンシャルを有するアナターゼ型酸化チタンに着目し、上記アナターゼ型酸化チタンの結晶構造を保ちつつ、緻密な焼結体を作成し、実用化への基盤技術を確立することを目的とした。

3 研究内容

(1) 高強度かつ高生体活性な酸化チタン系生体材料を目指した焼結技術の開発

(<http://shigenolab.web.fc2.com/achievement.html>)

(a) 溶液法によるアナターゼ相の熱安定性向上の検討

上述のとおり、酸化チタン(TiO_2)には主としてアナターゼ相とルチル相の2種類が存在する。本項目ではアナターゼからルチルへの相転移抑制を目的とした。具体的には、 TiO_2 にAl成分を加えた粉末を本分野における合成例が少ない錯体重合法を用いて合成し、アナターゼからルチル相への相転移温度上昇の検討を行った(写真1参照)。その結果、Al無添加のサンプルでは 600°C で相転移が起こり、 800°C で約90%がルチル相に変化した。一方、Alを20mol%添加したサンプルでは 850°C でもアナターゼ相のみであった。以上より、Al成分の添加によりアナターゼからルチルへの相転移の抑制が可能であることが分かった。

(b) 焼成方法改良及び助剤添加による低温焼結化

上記(a)で開発したAl成分添加酸化チタンをベースとし、良好な焼結性とアナターゼ相保持の両立を目指した。まず、上記Al成分添加酸化チタンを常圧で焼成したが緻密な焼結体は得られなかった。そこで、パルス大電流と高圧力を印加できる放電プラズマ焼結(SPS)装置(写真2,3参照)を用いた焼成を検討した。写真4にアナターゼ型酸化チタンセラミックスの概観を示す。真空中、温度750-900 °C、種々の圧力にて焼成した結果、Al添加量5 %の組成、800°C-160MPa-5min.の条件にて最小の相転移率(20%)と吸水率(2.6%, 相対密度約88%に相当)が得られた。つまり、アナターゼ相を保持しつつ良好な焼結性を有する焼結体の作成に成功した。



写真1 錯体重合法による酸化チタン基粉末合成



写真2 放電プラズマ焼結(SPS)装置の外観

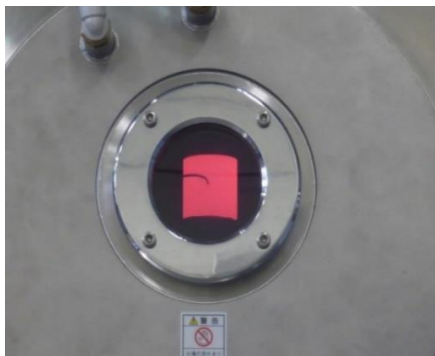


写真3 焼結中の試料の入った容器の様子

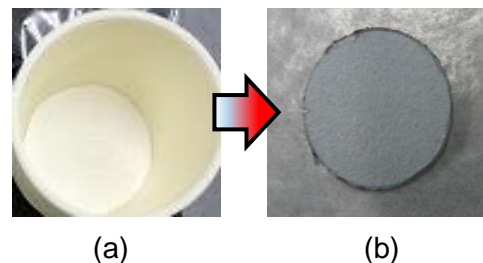


写真4 アナターゼ型酸化チタン基セラミックスの概観
(a) 酸化チタン基粉末(焼成前), (b) 焼結体(焼成後)

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究では新規生体活性材料、特に自家移植骨と同等の機能を有する人工骨の開発を目指した基礎検討を行った。そして、機械的特性が良好とされかつ生体活性の報告されているアナターゼ型酸化チタンの緻密焼結体の作成に成功し、基盤技術を確立した。今後の展望としては、上記新規生体活性材料のさらなる開発によって、実社会における安全・安心の骨移植技術を確立させ、できる限り多くの人々が個々のパフォーマンスを長期にわたり最大限に発揮でき、充実した人間生活を送れる社会が実現できればと考えている。また、上記緻密焼結体の開発により、今までは表面コーティングでしか用いられてこなかった光触媒用アナターゼ

ゼ型酸化チタンをより耐久性の高いバルク材料（例えばボールなどの大きなかたまり）として水の浄化等に用いるという新たな展望も見込める。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

私の研究のベースの1つは、焼き物である様々なセラミックス材料をできる限り低温で焼結させる技術を開発することにある。それにより、省エネルギー化に貢献するのはもちろんのこと、上記セラミックス材料に新たな付加価値を付与し、新しい機能性材料を創出できるのではないかと考えている。今回の研究ではアナターゼ型酸化チタンを題材とし低温焼結化を実現したことで、私自身の研究のベースをより強固にすることができたと考えている。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

【知財等（出願中等を含む）】

なし

【発表論文等】

なし

【学会発表】 (<http://shigenolab.web.fc2.com/>)

- 1) 川島望友紀, 茂野交市, 竹下優, 的野圭佑, 藤森宏高: "融体超急冷法により合成したCaO-ZnO-P₂O₅ガラスの生体活性に及ぼすP₂O₅量の影響", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会, O27, 福岡大学, 2016.3.5 (優秀賞受賞).
- 2) 竹下優, 茂野交市, 川島望友紀, 濱崎圭, 藤森宏高: "ガラス添加によるアナターゼ型酸化チタン基焼結体作成の検討", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会, O07, 福岡大学, 2016.3.5.
- 3) 濱崎圭, 茂野交市, 藤森宏高: "錯体重合法によるAl添加酸化チタン粉末の合成及び焼結体の評価", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会, O06, 福岡大学, 2016.3.5.
- 4) 茂野交市, 濱崎圭, 前田満貴, 藤森宏高: "錯体重合法によるAl添加酸化チタン粉末の合成と焼結挙動", 第25回日本MRS年次大会, B2-P8-011, 産業貿易センタービル(横浜市), 2015.12.8-10.
- 5) 竹下優, 茂野交市, 川島望友紀, 高平大輝, 藤森宏高: "共晶組成と融体超急冷法を利用したCaO-ZnO-P₂O₅ガラスの合成及び擬似体液試験", IC-6-0019, 第52回化学関連支部合同九州大会, 北九州国際会議場, 2015.6.27.

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

- 1) 川島望友紀, 茂野交市, 竹下優, 的野圭佑, 藤森宏高: "融体超急冷法により合成したCaO-ZnO-P₂O₅ガラスの生体活性に及ぼすP₂O₅量の影響", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会研究発表講演要旨集, (2016) p.146.

- 2) 竹下優, 茂野交市, 川島望友紀, 濱崎圭, 藤森宏高: " ガラス添加によるアナターゼ型酸化チタン基焼結体作成の検討", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会研究発表講演要旨集, (2016) p.137.
- 3) 濱崎圭, 茂野交市, 藤森宏高: "錯体重合法によるAl添加酸化チタン粉末の合成及び焼結体の評価", 第18回化学工学会学生発表会福岡大会研究発表講演要旨集, (2016) p.136.
- 4) 茂野交市, 濱崎圭, 前田満貴, 藤森宏高: "錯体重合法によるAl添加酸化チタン粉末の合成と焼結挙動", 第25回日本MRS年次大会Abstracts, B2-P8-011 (CD-ROM)(2015).
- 5) 竹下優, 茂野交市, 川島望友紀, 高平大輝, 藤森宏高: "共晶組成と融体超急冷法を利用したCaO-ZnO-P₂O₅ガラスの合成及び擬似体液試験", 第52回化学関連支部合同九州大会, (2015) p.193.

(2)(1) 以外で当事業において作成したもの

宇部工業高等専門学校「地域共同テクノセンターNews & Reports」2016年度版に研究成果概要を投稿、2016年度中に掲載予定

(<http://www2.ube-k.ac.jp/tcenter/center/center.html#kakoubutsu>)

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 宇部工業高等専門学校 物質工学科 茂野研究室（ウベコウギョウコウトウセンモンガッコウ ブッシツコウガッカ シゲノケンキュウシツ）

住 所： 〒755-8555

山口県宇部市常盤台2-14-1

申 請 者： 准教授 茂野交市（シゲノ コウイチ）

担 当 部 署： 宇部工業高等専門学校 企画連携事務室 連携係（ウベコウギョウコウトウセンモンガッコウ キカクレンケイジムシツ レンケイガカリ）

URL： <http://shigenolab.web.fc2.com/>